

山麓に設置したウェブカメラによる浅間山監視システム

前嶋美紀*・早川由紀夫**・田中千尋***・村井佳彦****

Webcam Surveillance System of Asama Volcano

Yoshinori MAEJIMA*, Yukio HAYAKAWA**, Chihiro TANAKA*** and Yoshihiko MURAI****

1.はじめに

天候に左右されずに均質なデータを継続的に取得することができる地震計・GPS・傾斜計などの測定機器は、現代の火山監視に強力な手段を提供している。しかしそれだけでは十分な火山監視ができるわけではない。生きた火山の動きを観察して解釈するためには、天候に左右されるが、火山が吐き出す煙や固体物の画像を可能な限り取得することも火山監視の上で重要である(早川, 1993)。

私たちは、火山の知識普及と防災を目的として、12台のカメラからなるネットワークを浅間山麓に展開して、画像を常時取得している。同様の試みはすでに寺田・他(2003)が三宅島2000年噴火で行ってめざましい成果を収めている。また気象庁もいくつかの火山に監視カメラを設置してその一部をインターネットで公開している。私たちが今回構築したシステムは、単に多点にカメラを張りめぐらしただけでなく、取得した画像をインターネット上に即時公開し、それをアニメーション処理したり、系統的に整理して過去の画像を容易に取り出せるようになっているところに特徴がある。

2.監視カメラの設置

山麓に設置した12台のカメラの特徴をTable 1にまとめた。北側火口縁が低いことと、火口から同距離で比較すると南麓より北麓の標高が高いことなどから、北麓が観察点として有利である。このため北麓に9点、南麓に3点を配置している(Fig. 1)。

* 〒262-0041 千葉県千葉市花見川区柏井町1520-1-

306 まえちゃんねつ

Maechan-net, 1520-1-306, Kashiwai-Cho, Hanamigawa-Ku, Chiba-Shi, Chiba 262-0041, Japan.

** 〒371-8510 群馬県前橋市荒牧町4-2

群馬大学教育学部

Faculty of Education, Gunma University, 4-2, Aramaki, Maebashi, Gunma 371-8510, Japan.

12台のうち、3台は群馬大学が設置したカメラ、4台は北軽ネットが設置したカメラ、1台はまえちゃんねつが設置したカメラである。これらのカメラは私たちが直接管理している。残り4台は、NTT東日本、国土交通省利根水系砂防事務所(2台)、そして佐久市が設置したカメラであり、設置者の許可を得て画像を転載させていただいている。

私たちが設置した8台のカメラは、昼間の噴煙撮影が得意、火映撮影が得意など、設置目的に応じた特性をもつ。

群馬大学カメラ 商品として販売されているネットワークカメラを購入して設置した。インターネットを介したリモート操作で、画角・カメラの向きなどの撮影条件を適宜調整することができる。カメラに組み込まれていた機能を使って、10秒ごとの静止画をADSL8Mbpsの回線で、まえちゃんねつとftpサーバーへ転送している。

北軽ネット火映カメラ 一眼レフデジタルカメラを使用している。長時間露光の自動撮影ができる。インターネットを介したリモート操作で撮影する。浅間山頂火口からおよそ10km離れた地点に設置しているから、約1100m幅を撮影する。ノートパソコンにインストールしたソフトウェアを使って、1分ごとの画像をADSL8Mbpsの回線で民間プロバイダftpサーバーへ転送している。

まえちゃんねつ火映カメラ 最低照度0.4ルックスの高感度CCDカメラを使用している。通常のCCDカ

*** 〒112-8610 東京都文京区大塚2-1-1

お茶の水女子大学附属小学校

Ootsuka 2-1-1, Bunkyo-ku, Tokyo 112-8610, Japan.

**** 長野県軽井沢町在住

Citizen of Karuizawa, Nagano Japan.

Corresponding author: Yoshinori Maejima

e-mail: maejima@maechan.net

Table 1. List of webcams watching Asama Volcano.

カメラ名	設置者	アーカイブ開始年月日	アーカイブ画像公開間隔	画像取得間隔	特徴
NTT東日本	NTT東日本	2001/2/20	20分	5分	アーカイブ開始日が一番古く、検索エンジン等で知名度が高い
利根砂防・東	利根砂防	2003/5/13	10分	2分	高感度カメラ
利根砂防・西	利根砂防	2003/5/13	10分	2分	高感度カメラ
佐久市	佐久市	2003/7/19	10分	10秒	公開元はリアルタイム動画公開
小諸	群馬大学	2004/11/19	10分	10秒	ネットワークカメラ
群高	群馬大学	2004/11/15	10分	10秒	ネットワークカメラ
大笹	群馬大学	2005/1/5	10分	10秒	ネットワークカメラ
北軽ネット1b	北軽ネット	2004/10/5	10分	10秒	ネットワークカメラ
北軽ネット4b	北軽ネット	2005/1/2	10分	1分	高感度CCDカメラ・夜間専用
北軽ネット・火映2	北軽ネット	2004/11/28	10分	10秒	高感度CCDカメラ・夜間専用
北軽ネット・火映	北軽ネット	2004/11/7	10分	2分	デジタル一眼レフカメラ PCによる自動制御撮影・夜間専用
まえちゃんねっと	まえちゃんねっと	2004/12/30	10分	10秒	高感度CCDカメラ・夜間専用

メラ用小口径レンズではなく、35 mm一眼レフ用の F

1.4・焦点距離 50 mm のレンズを取り付けている。これによって、明るい視野と高倍率が実現できている。撮影場所は浅間山火口からおおよそ 8 km 離れた地点なので、約 750 m 幅を撮影する。撮影した画像は、停電対策とサーボ対策を兼ねた無停電電源装置 (UPS) を配した現場のキャプチャカードとノートパソコンを用いて、画像の保存と転送処理を行っている。CCD カメラ S 端子から出力された画像をそのままキャプチャカードの S 端子に入力に接続して、輝度信号と色信号を分離したままキャプチャすることにより、ドット障害やクロスカラー障害が発生することを防いでいる。10 秒ごとの静止画を ADSL8 Mbps の回線で、まえちゃんねっと ftp サーバへ転送している。

3. 画像の保存と公開

10 秒間隔から 5 分間隔の画像は、すべて http および ftp により取得している。最短の 10 秒間隔で画像を保存しているカメラは、佐久市が設置したカメラを含めて、全部で 7 台ある。ひとつの画像が約 60 kbyte だから、1 台 1 日で 8640 枚 = 500 Mbyte になる。取得間隔が長い他の 5 台のカメラが撮影したすべての画像と合わせて、約 4 Gbyte の画像を毎日保存している。浅間山に変化が見られたときに遡って動画を作成する目的で、この画像は

1 週間に限って保存している。

インターネットでは、保存画像のうち 10 分間隔の画像をアーカイブ画像として即時公開するとともに、それらを用いた一日ごとのアニメーションも自動生成して公開している (<http://bousai.maechan.net/volcano/asama/>, Fig. 2)。ただし最初にシステム化した NTT 東日本カメラだけは 20 分間隔の公開である。それは 2001 年 2 月 20 日から保存と公開を始めた。2003 年から 3 台、2004 年から 6 台、そして 2005 年から 2 台を追加して現在に至っている。

また、保存画像をリアルタイムに縮小、サムネイル化しインターネットの掲示板上で公開している (Fig. 3)。この結果、閲覧者はほとんど遅延のない最新監視画像を自身のパソコンや携帯電話から見ることができる。

12 台のカメラ画像の取得、一日ごとのアニメーションの自動生成、保存画像の縮小、サムネイル化などの作業はそれ専用のマシンが担い、加工後の画像は公開用ウェブサーバと samba により共有している (Fig. 4)。

浅間山に著しい変化があったときは、アーカイブ画像公開ページへアクセスが集中し、画像の取得が困難になることが予想される。そのため画像の取りこぼしを避けるために、画像を取得する回線とウェブ公開する回線は別々にしている。また、公開用ウェブサーバは千葉県千葉市に設置しているが、サーバトラブルや回線トラブル



Fig. 1. Location map of the webcam system around Asama Volcano. Solid circles are our own cameras. Open circles are cameras placed by others and included in our archive system.

を避けるために、アーカイブ画像および一日ごとのアニメーションを130km離れた群馬県前橋市に24時間ごとに転送し、ミラー公開している。

4. 火映強度の記録

2004年8月以来、浅間山山頂に現れる火映の強度を監視カメラの画像に基づいて星（★）の数で記録する作業を毎夜おこなっている。その記録は次のホームページで公開している (<http://maechan.net/hayakawa/asama/patrol/image.html>)。その日の夕刻から翌朝までを一夜とし、一夜のあいだに現れた最も強い火映をその夜の火映強度として記録している。同じ強さの火映がひと晩中観察された夜もあったが、短時間だけ強い火映が見られた夜もあった。現在までに観察された最も強い火映は9月16日と19日の夜に現れた。この二夜を星四つ（★★★★）とし、9月13日の夜を星二つ（★★）と決めた上で、毎夜の監視カメラ画像を基に、過去の事例と比較しつつ相対的に星の数を決めている。星の数と火映強度はFig.

6で対照できる。

2004年11月までは、おもに利根砂防の東西カメラ画像 (<http://bousai.maechan.net/volcano/asama/tonesabo/>)に基づいて強度を記録した。12月からは、火映を鋭敏にうつし出す北軽ネット火映カメラとまえちゃんねっとカメラの運用を始めたが、これらの画像は、火映の有無を判断するためと利根砂防カメラの感度調整モニタのために使うに留め、火映の強度は利根砂防カメラの画像で判断するようにしている。当初データとの整合性を保つためである。

初めての火映は、8月6日に監視カメラに映し出された（☆星半分）。10日には星ひとつ（★）、15日には星二つ（★★）と強度を増し、21日と24日は星三つ（★★★）になった。浅間山での火映は、2002年9月に、設置したばかりの高感度カメラによって気象庁軽井沢測候所が1973年以来29年ぶりにとらえていたが、2004年8月の火映はそれより強く、通常のカメラでも撮影することができた。たとえば、朝日新聞「2004年読者の新聞写真」の東京都代表に選ばれた田中千尋撮影の8月24日写真。

9月1日のブルカノ式爆発のあと、火映はいったん見えなくなつたが、8日に復活した。その強度は、夜毎に強まり、朝から灰噴火した16日の夜にはそれまでになかった強さの火映が観察された。強い火映は21日まで続いた。

このあと火映はいったん弱まった。晴れても火映がまったく見られない夜もあったが、11月中旬から12月中旬にかけて、ふたたび強い火映が現れるようになった。12月下旬からは弱まる傾向にある。1月5日や3月19日のように星三つ（★★★）の夜もあったが、全体的には弱まっている。

2004年には1万トン以上の火山灰を放出した日が6回あった（早川・他, 2005）。灰噴火した9月16日は火映も強かったが、残り5回のブルカノ式爆発はすべて雲の中で起こったため、爆発の前後数時間を持めて、浅間山頂火口直上の画像は得られていない。

浅間山の山頂に火映を生じさせる原因是、よくわかっていない。2002年の火映は火口底で硫黄が燃焼したために生じたと想像される（電子掲示板における千葉達朗の示唆による）。しかし2004年の火映は、それだけが原因ではないと思われる。浅間山の火口底は、9月16時時点では90万m³(200万トン)、10月22時時点では210万m³(470万トン)の新しい溶岩で埋め立てられた（国土地理院による航空機搭載型合成開口レーダ（SAR）による観測、記者発表 <http://www.gsi.go.jp/BOUSAI/ASAMA/press.htm>）。少なくとも9月中旬の火映は、火口底に現れた高温溶岩が上空の噴煙や雲を照らしたために生じたと

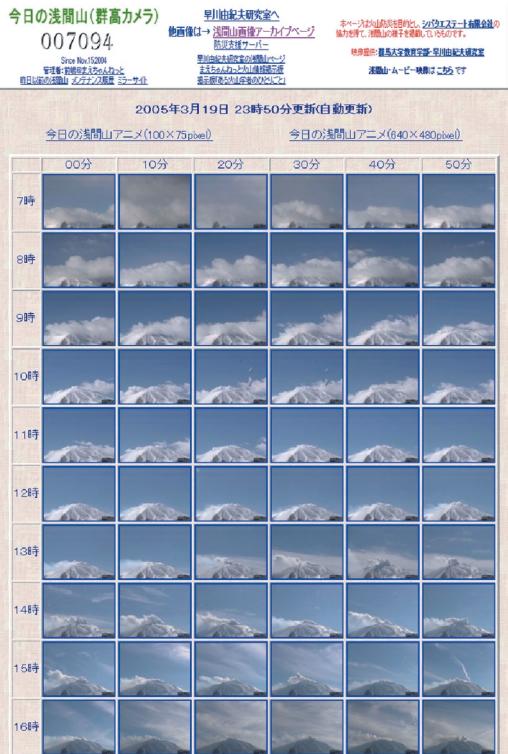


Fig. 2

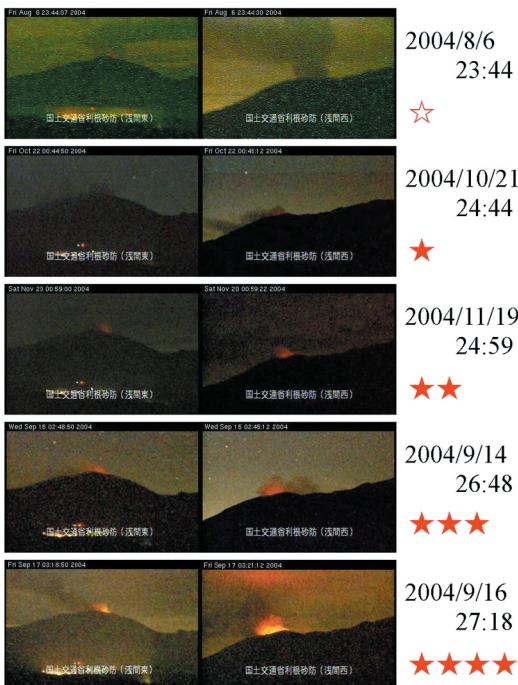


Fig. 6



Fig. 3

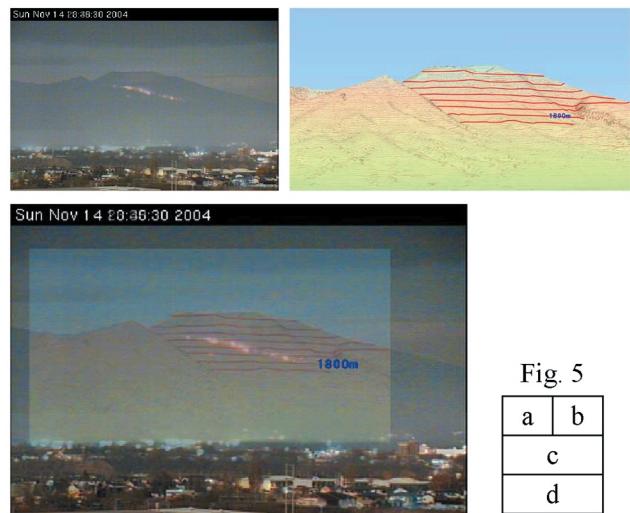
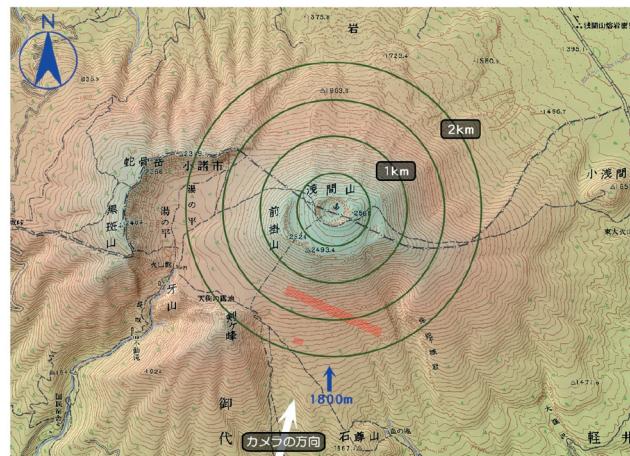


Fig. 5



思われる。11月中旬から12月中旬にかけての火映も、ほぼ毎夜あらわれた。冷却固化する高温溶岩の内部に深い亀裂が入ったためであろうか。国土地理院の記者発表によると、火口底が若干低下しているのを12月15日のSAR観測で確認したという。2004年8月以降も火口底で硫黄が燃焼する現象は生じているだろうが、浅間山の火映を原因によって区別することは、まだできていない。

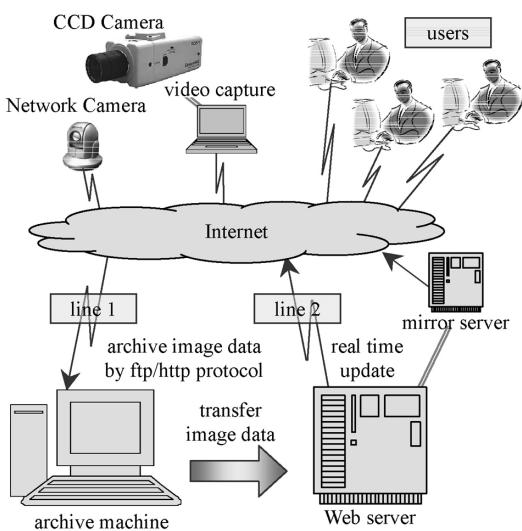


Fig. 4. Schematic image of our webcam surveillance system.

Fig. 2. An example of a webpage. Images of all cameras are archived in our system and the latest image is displayed on the webpage at ten minutes intervals. The page shows 144 images in total. Each image can be enlarged by clicking.

<http://bousai.maechan.net/volcano/asama/>

Fig. 3. Live images of 12 webcams, displayed at the top of an Internet bulletin board.

<http://vulcania.jp/bbs/>

Fig. 5. The flight distance of ballistic ejecta, erupted from Asama at 20: 59 on 14 November 2004, is determined by webcam image. The procedure is as follows:

- Superimpose a daytime image onto the 21: 05 night image of wildfires caused by the explosion.
- Create an image viewed from the camera site using a 3D map navigator, Kashimir 3D. Contours are emphasized.
- Superimposing (a) onto (b), the elevation of wildfires is determined between 1850–2150 m.
- On a topographic map, an intersection point is found between the 1850 m contour and the straight line drawn from the skyline to the camera direction. It is 1.8 km from source.

Fig. 6. The red glow is ranked according to its intensity.

5. ウェブカメラで測った2004年11月14日火山弾の到達距離

2004年11月14日20時59分の爆発は、多数の高温火山弾を山腹に飛び散らせた。それらが引き起こした山火事の明かりを、NTT東日本カメラが浅間山腹上の赤い点の群れとしてとらえた。この画像をもとに解析をおこなって、火山弾が少なくとも1.8 kmに達したことを次のようにして確かめた。

- 爆発6分後の21: 05の赤点画像を昼間の画像に重ね合わせる(Fig. 5a).
- 3D地図ナビゲータであるカシミール3D(<http://www.kashmir3d.com/>)を使ってNTT信濃佐久局からみた浅間山を描き、等高線を強調する(Fig. 5b).
- 縮尺をそろえて画像1)と画像2)を合成すると、標高1850–2150 mの範囲に赤点が分布していることがわかった(Fig. 5c).
- 地形図上で、赤点直上のスカイラインとカメラを直線で結び、1850 m等高線との交点を求める(Fig. 5d).
- その点は、火口中心から1.8 km離れていた。

この方法は、井口・他(1983)が桜島で行った火山弾の落下地点決定を、数値地図とナビゲータソフトを利用して迅速に行えるよう改良したものである。井口・他(1983)は国土地理院の1/5000火山基本図から25 m間隔で読み取った標高データを用いた。

なお山火事の明かりが線状をなすのは、燃えやすい矮低木群落がそのように分布していたからである。火山弾

は面的に拡散したが、その線上だけが選択的に燃えた。

同年9月1日爆発による火山弾の最大到達距離は、9月3日の現地調査で確認した限りでは1.8 kmだった(早川・他, 2005)。11月14日爆発では、山火事を誘発しなかった火山弾が1.8 kmより遠くまで達したかもしれない。

1958年11月10日の爆発では、90 cmの火山弾が火口から3.8 kmの血ノ池まで達したという(気象庁軽井沢測候所資料)。現地調査が不十分な2004年の少数の爆発例だけで浅間山が内在している火山弾飛散能力を評価してはならない。上層風の向きと強さによっては、鬼押しハイウェイの路面に直径1 mの火山弾が突き刺さる危険がある。

6. まとめ

浅間山の画像を取得するために、12台のカメラからなるネットワークを山麓に展開している。画像は最短10秒間隔で取得している。インターネットで公開している最新画像は10分ごと(NTT東日本カメラは20分ごと)に更新している。

ブルカノ式爆発や有色噴煙が上がったときの噴火画像の提供はもちろん、火映の強弱を継続的に記録することによって、浅間山の火山監視にこれらのカメラが果たす役割は大きい。冬季、厳寒の野外にもかかわらず、日射による温室効果によって観測装置の中が高温になって、プラスチック部品が融けるなどといった予期せぬトラブルも発生しているが、迅速できめ細かい保守を継続して、今後もこの監視システムを維持発展させていきたい。

謝 辞

NTT東日本、国土交通省利根川水系砂防事務所、佐久市から、カメラ画像を私たちの手元に保存して公開することを許可していただきました。私たちのカメラ設置には、シバタエステート、ルネサス東日本セミコンダクタ、嬬恋高原俱楽部の協力を得ました。群馬大学カメラ3台は、平成15-16年度文部科学省科学研究費補助金(特定領域研究008理数科系教育)火山噴火とその災害を三次元立体表示と動画でまなぶ学校内LAN教材の作成(研究代表者:早川由紀夫)で設置したものです。画像の保存と公開のための費用の一部もそこから支出しました。バックアップサーバは、(株)数理設計研究所の協力を得て設置しています。

引用文献

- 早川由紀夫(1993)噴火映像を予知にどう活用するか。月刊地球, 号外7「火山噴火予知」, 78-83.
- 早川由紀夫・宮永忠幸・長井隆行・湯浅(佐藤)成夫・新井雅之(2005)浅間山2004年噴火:噴出物の調査結果とインターネットにおける即時情報交換の記録。地学雑(投稿中)。
- 井口正人・石原和弘・加茂幸介(1983)火山弾の飛跡の解析—放出速度と爆発圧力について—。京都大学防災研究所年報, 26(B-1), 9-21.
- 寺田暁彦・井田喜明・大湊隆雄(2003)Windows PCを用いた自動撮影システムによる三宅島火山噴煙の観測。火山, 48, 445-459.